

**Vergleichende
Herzvolumenuntersuchungen
vor und nach Herzoperationen**

von
Thea Kranz
aus
Grimma/Sa.

Aus der Chirurgischen Klinik mit Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. med. G. Hegemann

Vergleichende Herzvolumenuntersuchungen vor und nach Herzoperationen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Thea Kranz

aus

Grimma/Sa.

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. A. Kröncke
Referent: Priv.-Doz. Dr. Leutschaff
Korreferent: Prof. Dr. G. Hegemann
Tag der mündl. Prüfung: 3. 6. 1969

Herrn Priv. Doz. Dr. R. Leutschaft danke ich für die
freundliche Überlassung des Themas dieser Arbeit und
für seine Bereitwilligkeit, mir zu jeder Zeit mit wert-
vollen Anregungen und Ratschlägen zur Seite zu stehen.

Inhaltsverzeichnis

Seite

A) <u>PROBLEMSTELLUNG</u>	1
B) <u>UNTERSUCHUNGSGUT UND METHODE</u>	2
C) <u>UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE</u>	
1. Vorhofseptumdefekt	4
2. Ventrikelseptumdefekt	9
3. Offener Ductus Botalli	14
4. Pulmonalstenosen	19
5. Aortenisthmusstenose	24
6. Fallot'sche Tetralogie	27
7. Fallot'sche Trilogie	31
D) <u>BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE</u>	
1. Vorhofseptumdefekt	32
2. Ventrikelseptumdefekt	34
3. Ductus Botalli	35
4. Pulmonalstenose	36
5. Aortenisthmusstenose	37
6. Fallot'sche Tetralogie	38
7. Fallot'sche Trilogie	39
E) <u>ZUSAMMENFASSUNG</u>	41
F) <u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	42

A) PROBLEMSTELLUNG

In der vorliegenden Arbeit wird bei verschiedenen kongenitalen Herzvitien das absolute und relative Herzvolumen röntgenologisch bestimmt und die Veränderung dieser Größen nach korrigierenden Eingriffen am Herzen untersucht.

Im Zusammenhang damit wird korrelativ die Herzleistung und Herzfunktion sowie die haemodynamische Umstellung post operationem untersucht und diskutiert.

B) UNTERSUCHUNGSGUT UND METHODE

Das Untersuchungsgut umfaßt 43 Herzpatienten im Alter zwischen 4 und 28 Jahren. Die praeoperativen Untersuchungen werden maximal drei Monate vor dem Operationstermin durchgeführt. Die postoperativen Beobachtungen erstrecken sich auf einen Zeitraum von drei Jahren.

Die folgende Tabelle zeigt eine Aufschlüsselung des Untersuchungsgutes nach Diagnosen.

T a b e l l e 1:

Vorhof- septum defekt	Ventrikel- septum- defekt	Ductus Botalli	Pulmonal- stenosen	Aorten- isthmus- stenosen	Tetra- logie nach Fallot	Tri- logie nach Fallot
12	8	7	6	4	5	1

Die prae- und postoperative Herzvolumenbestimmung wird nach der röntgentopographischen Methode von H. B ü c h n e r¹⁾ durchgeführt. Dabei werden mittels Bleimarken (Lokalisationsband) auf der Körperoberfläche des Patienten und in Höhe des Organs diejenigen tangentialen Strahlenebenen graphisch rekonstruiert, die bei der Röntgenaufnahme für die Abgrenzung des Organs maßgebend waren. Am Durchleuchtungsgerät werden zunächst am stehenden Patienten bei normaler Atmung vier Röntgenaufnahmen in beliebiger Entfernung und bei beliebigem Strahlengang angefertigt. Durch eine verlängerte Belichtungszeit von zwei Sekunden wird auch sicher die diastolische Herzkontur erfaßt. In eine Körperquerschnittsskizze im Maßstab 1 : 1 wird das Herz als Querschnitt eingezeichnet. Legt man die Querschnitte im Abstand von 1 cm am Objekt, so ist das Volumen gleich der Summe der Querschnitte. Büchner gibt noch eine Korrektur von plus 5,8 % an. Daraus ergibt sich folgende Formel für das Herzvolumen:

$$V = 1,058 (F_1 + F_2 + \dots + F_n)$$

F = Herzquerschnitt

n = Anzahl der im Zentimeterabstand
geführten Organquerschnitte

Das absolute Herzvolumen kann infolge erheblicher Streuung um einen Mittelwert innerhalb einzelner Altersgruppen nicht als Bezugsgröße für die Kreislauffunktion dienen. Als einfachste Korrelationsgrößen (einfach auch im Sinne der Bestimmung) kommen Größe, Gewicht und Oberfläche in Frage. Nach B j ö r c k²⁾ und L u d w i g³⁾ ist die Körpergröße als Bezugsgröße ungeeignet. Wir benutzen als Korrelationsgröße die Körperoberfläche, da - wie F r i s c h und K l e p z i g⁴⁾ ausführten - das Körpergewicht beim Herzkranken starken Schwankungen unterworfen ist, während die Körperoberfläche relativ konstant bleibt. Beim Vergleich der relativen Herzvolumina (Herzvolumen/Oberfläche) ergibt sich dann, ob im betreffenden Fall eine Veränderung des Volumens vorliegt. Es kann jedoch noch keine Aussage über die Herzleistung gemacht werden.

Zur vergleichenden Beurteilung der prae- und postoperativen haemodynamischen Veränderungen der Herz- und Kreislauffunktion führen wir außerdem sphygmographische Messungen nach der Methode von B r o e m s e r und R a n k e^{5,6)} durch. Das Schlagvolumen wird nach der von Broemser und Ranke und nach W e t t e r e⁷⁾ modifizierten Formel errechnet. Die hierzu notwendigen Aortenquerschnitte werden einer Tabelle von F r u c h t⁸⁾ entnommen.

Der Herzleistungsquotient S/A (Austreibungszeit/Anspannungszeit) nach B l u m b e r g e r⁹⁾ wird am gesamten Krankengut ermittelt.

C) UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

1. Vorhofseptumdefekt

T a b e l l e 2: Herzvolumen und Herz- und Kreislauffunktion bei Vorhofseptumdefekten

	Herz- volumen in ml	Ober- fläche in m ²	relatives Herzvolumen in ml/m ²	Herzvolumen in % der Norm	Herzvolumen in % des praeparati- ven Wertes	relatives Herz- volumen in % des praepar. Wertes	S/A	H ₁ l/min./m ²
B.C. (11J.) prae op.	233,4	0,79	295,0	113,7	100,0	100,0	4,80	6,500
post	273,9	0,92	231,5	84,0	91,5	118,0	4,15	5,120
H.L. (36J.) prae op.	1384,3	1,79	774,0	178,0	100,0	100,0	3,00	4,370
post	1452,8	1,85	785,0	180,7	105,0	101,5	10,00	4,680
K.M. (11J.) prae op.	231,7	1,09	212,5	74,7	100,0	100,0	2,50	2,725
post	363,1	1,25	290,5	95,5	156,8	136,5	2,70	3,510
S.L. (12J.) prae op.	804,1	1,14	705,0	213,0	100,0	100,0	2,60	1,793
post	550,2	1,60	343,5	100,2	68,4	48,8	3,00	3,845
P.G. (8 J.) prae op.	334,2	0,80	418,0	160,7	100,0	100,0	3,25	3,330
post	352,9	0,96	368,0	131,0	105,5	88,0	3,35	3,325
F.G. (7 J.) prae op.	306,8	0,91	337,5	105,0	100,0	100,0	2,18	2,705
post	495,9	1,06	468,0	142,0	161,2	138,7	3,88	3,890
S.W. (8 J.) prae op.	167,5	1,03	162,5	49,7	100,0	100,0	2,89	3,580
post	219,8	1,24	177,3	53,0	131,0	109,0	3,34	1,702
M.A. (15J.) prae op.	278,6	1,60	136,5	42,4	100,0	100,0	3,36	1,540
post	304,8	1,65	184,8	57,0	139,5	135,3	2,50	4,240
H.S. (11J.) prae op.	330,7	0,92	359,5	131,5	100,0	100,0	2,67	7,350
post	371,9	0,96	387,0	148,7	112,4	107,6	6,00	3,113
G.M. (7 J.) prae op.	299,0	0,94	301,8	114,0	100,0	100,0	3,13	1,960
post	278,4	1,01	268,0	93,5	90,5	88,8	3,72	2,965
H.J. (7 J.) prae op.	345,1	0,83	415,0	156,0	100,0	100,0	3,25	2,180
post	354,4	0,92	385,5	147,5	102,8	93,0	3,86	5,390
K.E. (27J.) prae op.	645,5	1,79	361,0	105,7	100,0	100,0	2,50	3,665
post	673,6	1,77	381,0	111,5	104,3	105,6	2,50	2,115

a) Volumen:

P r a e o p e r a t i v :

In einem Kollektiv von 12 Vorhofseptumdefekten liegen drei Herzvolumen im Normbereich, bei drei Patienten zeigt sich eine Verminderung des Herzvolumens bis maximal 42,2 % der Norm. In sechs Fällen liegt das Herzvolumen deutlich außerhalb des Normbereichs, maximal 213 % der Norm.

P o s t o p e r a t i v :

Nach dem operativen Eingriff haben vier Herzen ein normales Volumen. Drei Volumina liegen unterhalb der Normgröße, fünf Herzen zeigen auch jetzt noch ein größeres Volumen. Im Verhältnis zum Praeoperativen Wert nimmt dreimal das Herzvolumen ab, maximal um 31,6 %. Bei den übrigen neun Patienten nimmt das Herzvolumen zu, maximal bis auf 161,2 % des praeeoperativen Wertes.

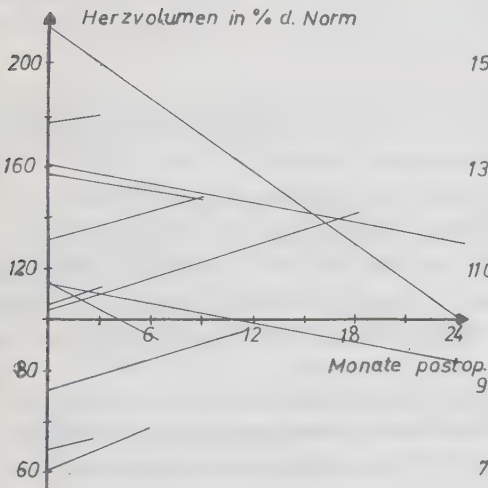


Abb.1) Prae- und postoperative absolute Herzvolumina in % der Norm

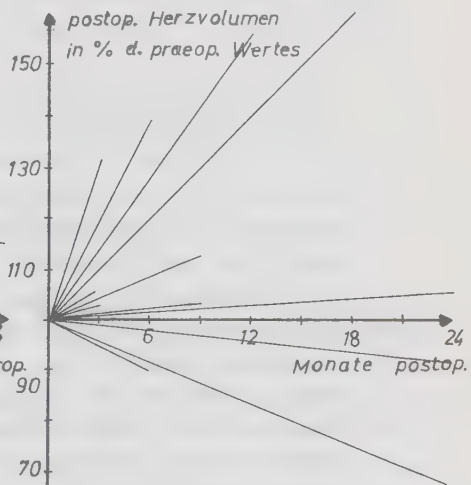


Abb.2) Postoperative absolute Herzvolumina in % des Praeoperativen Wertes

b) Kreislauffunktion:

Bei drei Patienten nimmt das Schlagvolumen (V_s) postoperativ ab, maximal auf 57 % des Ausgangswertes. In neun Fällen vergrößert sich das Schlagvolumen auf maximal 285 % des praeoperativen Wertes. Analoge Ergebnisse liegen für das Herzminutenvolumen (V_m) vor.

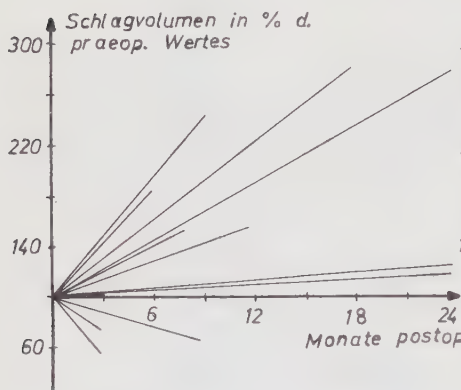


Abb. 3) Schlagvolumenänderungen post operationem

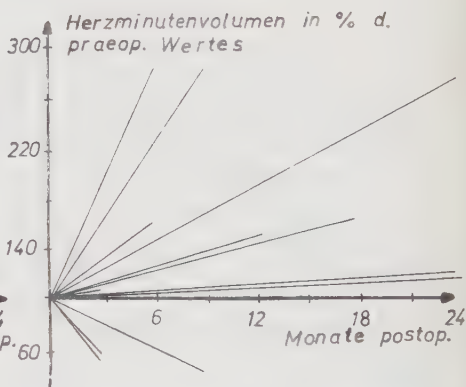


Abb. 4) Herzminutenvolumenänderungen post operationem

Hinsichtlich einer gesunden Vergleichsgruppe fällt jedoch beim Vorhofseptumdefekt in 50 % der Fälle eine Reduzierung von V_s bzw. V_m vor der Operation auf, wie aus dem Herzindex hervorgeht. Der Herzindex (H_1) beträgt normalerweise drei bis vier $l/m^2/min$. Post operationem finden wir dreimal einen Herzindex kleiner als $3 l/m^2/min$ (Abb. 5).

Der Quotient S/A als Ausdruck der Herzkraft liegt praeoperativ nur einmal unterhalb der kritischen Normgrenze von 2,5; post operationem ist der Herzleistungsquotient S/A größer oder gleich 2,5.

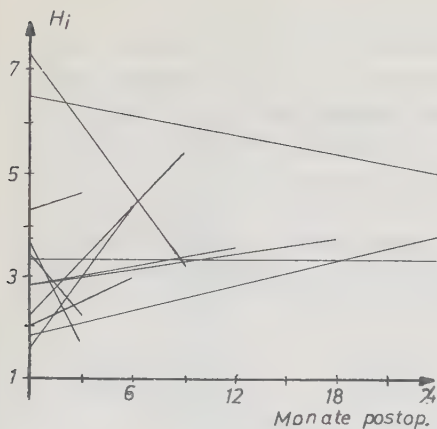


Abb. 5) Prae- und postoperative Veränderung des Herzindex

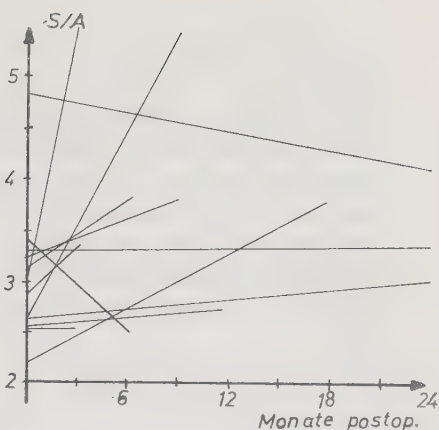


Abb. 6) Prae- und postoperative Veränderung des Quotienten S/A

Beim Vergleich morphologischer Veränderungen mit den funktionellen zeigt sich in dem betrachteten Kollektiv ein sehr unterschiedliches Verhalten. In der Gruppe mit Vergrößerungen des postoperativen relativen Herzvolumens (insgesamt 7) vergrößert sich der Herzindex bei vier Patienten. Es wird in allen Fällen die Norm erreicht, während praeoperativ in dieser Gruppe zweimal der Grenzwert nicht erreicht wurde. Dreimal sinkt der Herzindex erheblich ab, in zwei Fällen sogar unterhalb des Grenzwertes auf maximal 42,5 % des Ausgangswertes.

In der Gruppe mit Abnahme des relativen Herzvolumens (insgesamt 5 Fälle) nimmt dreimal der H_i deutlich zu, nachdem praeoperativ der Wert weit unterhalb der Norm lag. Post operationem kann jedoch nur in zwei Fällen der Wert von $3 \text{ l/m}^2/\text{min}$ überschritten werden. Bei einem Patienten bleibt der H_i trotz Abnahme des relativen Herzvolumens um 12 % gleich, einmal sinkt in dieser Gruppe der H_i um 21,5 % nach der Operation ab, liegt aber immer noch im Normbereich.

Analog sind die Ergebnisse für den Quotienten S/A. Bei sieben Vorhofseptumdefekten mit Zunahme des relativen Herzvolumens post operationem vergrößert sich auch postoperativ der S/A in

fünf Fällen. Es wird auch in dem einen Fall, der praeoperativ unterhalb des kritischen Grenzwertes lag, ein Normalwert erreicht. Einmal sinkt der Quotient um 26 % ab, bleibt aber noch eben ausreichend. In einem Fall bleibt der S/A gleich, dabei nimmt das relative Herzvolumen auch nur um 8,5 % zu. Bei den fünf Vorhofseptumdefekten mit Abnahme des relativen Herzvolumens nach der Operation nimmt der S/A bei vier Patienten zu, während einmal eine Abnahme von 13,5 % erfolgt, er sinkt jedoch nicht unterhalb des Grenzwertes ab.

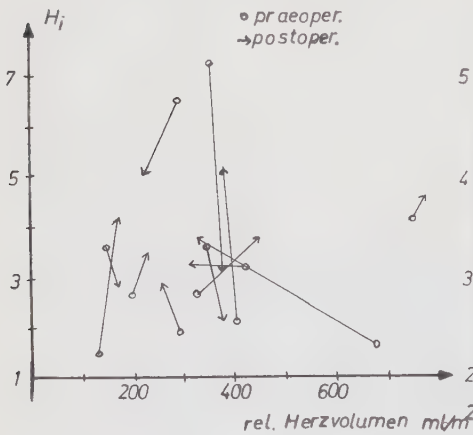


Abb. 7) Prae- und postoperative Veränderung des Herzindex in Korrelation zum relativen Herzvolumen

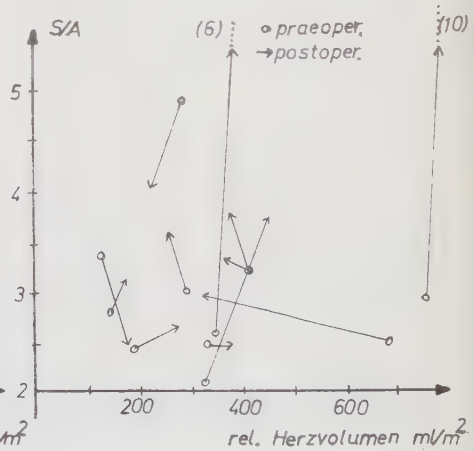


Abb. 8) Prae- und postoperative Veränderung des Quotienten S/A in Korrelation zum relativen Herzvolumen

2. Ventrikelseptumdefekt

T a b e l l e 31 Herzvolumen und Herz- und Kreislauffunktion
bei Ventrikelseptumdefekten

	Herz- volumen in ml	Ober- fläche in m ²	relatives Herzvolumen in ml/m ²	Soll- Herzvolumen in ml	Herzvolumen in % der Norm	Herzvolumen in % des praeeoperativen Wertes	relatives Herz- volumen in % des praeeop. Wertes	S/A	H ₁ 1/min/m ²
O.A. (9 J.)	prae op. 276,1 post 340,0	0,86 0,98	321,0 347,0	232±25,5 277±30,5	119,0 122,8	100,0 123,0	100,0 108,0	2,68 3,00	4,190 1,673
O.G. (6 J.)	prae op. 414,9 post 346,7	0,76 0,79	546,0 439,0	236±30,7 248±32,2	176,0 140,0	100,0 83,5	100,0 80,5	2,60 2,20	3,530 1,940
S.J. (7 J.)	prae op. 370,2 post 326,1	0,93 1,12	398,0 291,0	258±28,4 330±36,3	143,3 98,9	100,0 88,0	100,0 73,0	2,40 4,14	2,945 2,960
A.KH. (14 J.)	prae op. 338,1 post 375,6	0,61 0,73	554,0 515,0	181±23,4 225±29,3	186,7 167,0	100,0 111,0	100,0 93,0	3,57 3,00	6,680 3,940
B.E. (15 J.)	prae op. 467,9 post 352,6	1,08 1,38	433,0 255,5	316±34,8 420±46,2	148,0 84,0	100,0 75,3	100,0 59,0	2,68 3,87	3,200 3,485
R.Ch. (15 J.)	prae op. 636,6 post 481,3	1,33 1,39	478,0 346,0	410±45,1 434±47,7	155,0 111,0	100,0 75,5	100,0 72,4	2,00 2,36	1,180 1,537
K.H. (13 J.)	prae op. 577,7 post 452,0	1,46 1,54	396,0 294,0	460±50,5 490±53,9	125,6 92,3	100,0 78,5	100,0 74,2	2,50 3,38	3,900 3,940
K.Ch. (16 J.)	prae op. 517,7 post 460,3	1,71 1,72	303,0 268,0	585±81,6 586±81,9	88,5 78,5	100,0 88,8	100,0 88,5	3,10 3,25	2,950 2,105

a) Volumen:

P r a e o p e r a t i v :

Von acht Ventrikelseptumdefekten verhalten sich die Volumina praeoperativ nur in einem Fall normal. Bei sieben Ventrikelseptumdefekten ist das Herzvolumen vergrößert bis maximal 186,7 % der Norm.

I o s t o p e r a t i v :

Postoperativ ist das Herzvolumen bei drei Ventrikelseptumdefekten normal, während in zwei Fällen das Volumen unter die Norm absinkt, maximal auf 78,5 % des Sollwertes, dies entspricht 88,5 % des praeoperativen Wertes. Bei drei Ventrikelseptumdefekten ist das Herzvolumen noch deutlich vergrößert, maximal bis auf 167 % der Norm, zeigt aber nur in einem Fall eine tatsächliche Vergrößerung zum praeoperativen Wert.

Betrachtet man post operationem das absolute Herzvolumen im Vergleich zu den praeoperativen Werten, so zeigt sich zweimal eine Zunahme um maximal 23 %, während in sechs Fällen das Herzvolumen abnimmt, maximal um 24,7 %.

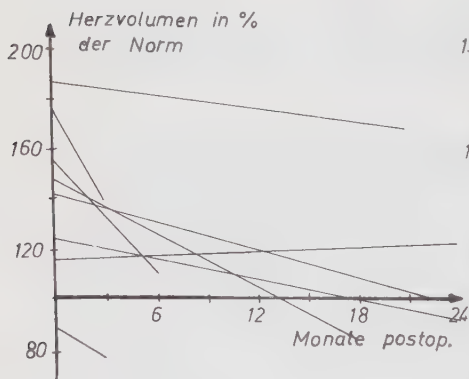


Abb.9) Prae- und postoperative absolute Herzvolumina in % der Norm

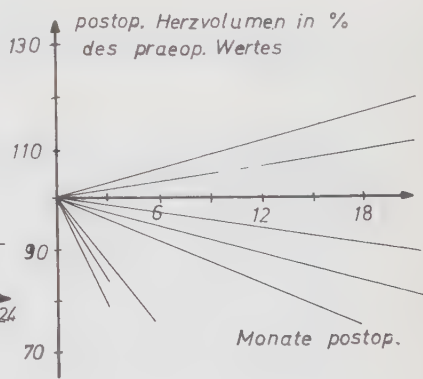


Abb.10) Postoperative absolute Herzvolumina in % des praeoperativen Wertes

b) Kreislauffunktion:

In 50 % aller untersuchten Ventrikelseptumdefekte verringert sich post operationem das Schlagvolumen (maximal um 49,9 %) und das Herzminutenvolumen (maximal um 54,4 %). Die restlichen Fälle zeigen eine Zunahme des Schl agvolumens (maximal um 60 %) und des Herzminutenvolumens (maximal um 39,5 %).

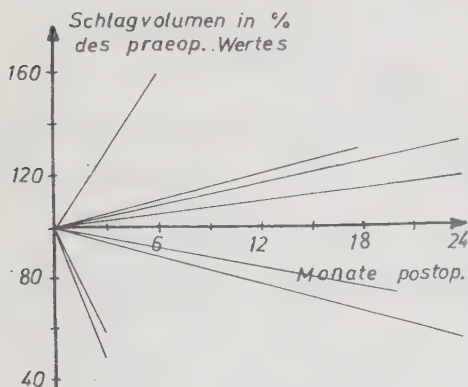


Abb. 11) Schlagvolumenänderungen post operationem

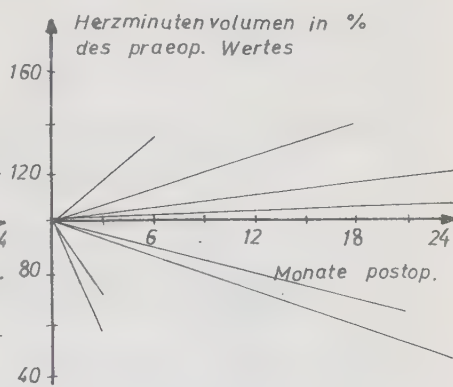


Abb. 12) Herzminutenvolumenänderungen post operationem

Im Vergleich zu einem herzgesunden Kollektiv sind V_s und V_m bei drei Ventrikelseptumdefekten vor der Operation reduziert, wie aus dem Herzindex hervorgeht. Nach der Operation verschlechtert sich der H_i noch und ist fünfmal kleiner oder gleich $3 \text{ l/m}^2/\text{min}$ (Abb. 13).

Der Herzleistungsquotient S/A liegt praeoperativ zweimal unterhalb des Grenzwertes. Nach der Operation ist der S/A zweimal kleiner als 2,5, dabei fällt einmal der Quotient nach der Operation unterhalb des Grenzwertes ab, während im anderen Fall zwar ein deutlicher Anstieg des S/A zu erkennen ist, jedoch der Normenbereich nicht erreicht wird (Abb. 14).

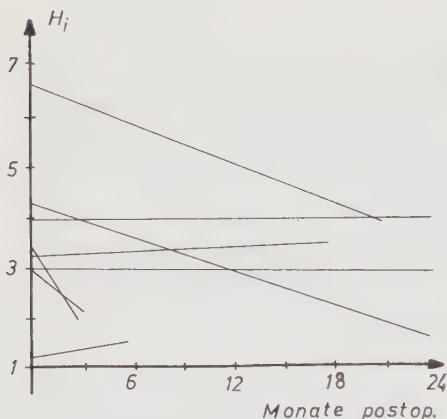


Abb. 13) Prae- und postoperative Veränderung des Herzindex

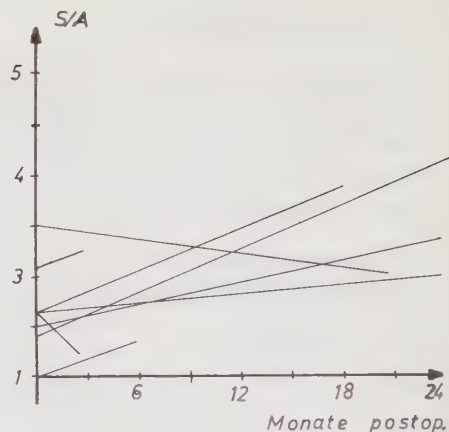


Abb. 14) Prae- und postoperative Veränderung des Quotienten S/A

Auch die Ventrikelseptumdefekte verhalten sich nach dem Defektverschluß hinsichtlich ihrer morphologischen und funktionellen Veränderungen unterschiedlich. In der Gruppe mit Verkleinerung des relativen Herzvolumens (7 Patienten) sinkt bei drei Patienten der H_i deutlich ab (maximal um 45 %), in zwei Fällen sogar unterhalb des Grenzwertes. Zweimal bleibt der H_i trotz Abnahme des relativen Herzvolumens um 27 % praktisch unverändert. In zwei Fällen steigt der Herzindex geringgradig an, gelangt jedoch einmal nicht über den kritischen Wert von $3 \text{ l/m}^2/\text{min}$.

Bei einem Patienten vergrößert sich das relative Herzvolumen nach der Operation um 8 %. Der Herzindex sinkt deutlich unter die Normgrenze und entspricht nur noch 40,9 % des praeeoperativen Wertes.

Analog sind die Ergebnisse für S/A. Bei sieben Patienten mit Abnahme des relativen Herzvolumens vergrößert sich der Quotient in fünf Fällen, maximal um 72 %. Einmal wird der Normwert nicht erreicht. Bei zwei Ventrikelseptumdefekten finden wir eine Reduk-

tion des Quotienten, maximal um 16 %; einmal liegt dabei S/A unter dem Grenzwert.

Bei dem einem Patienten mit Zunahme des relativen Herzvolumens um 8 % nach der Operation nimmt der Herzleistungsquotient um 10,5 % zu.

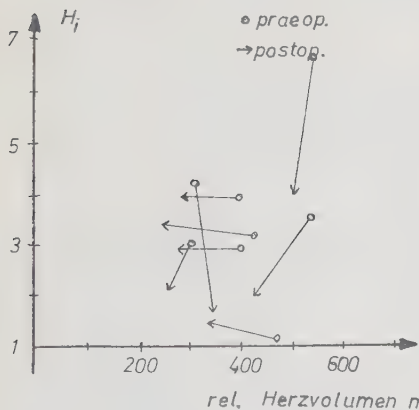


Abb. 17) Prae- und postoperative Veränderung des Herzindex in Korrelation zum relativen Herzvolumen

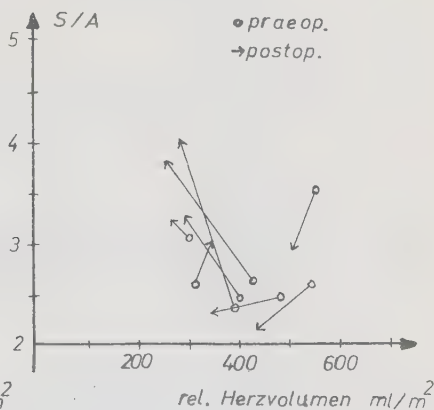


Abb. 18) Prae- und postoperative Veränderung des Quotienten S/A in Korrelation zum relativen Herzvolumen

3. Offener Ductus Botalli

Tabelle 4: Herzvolumen und Herz- und Kreislauffunktion
beim offenen Ductus Botalli

	Herz- volumen in ml	Ober- fläche in m ²	relatives Herzvolumen in ml/m ²	Soll- Herzvolumen in ml	Herzvolumen in % der Norm	Herzvolumen in % des praepara- tiven Wertes	relatives Herz- volumen in % des praep. Wertes	S/A	H _i l/min/m ²
H.J. (6 J.)	prae 339,2	0,78	435,0	201±22,1	168,6	100,0	100,0	2,20	2,895
	post 416,8	0,97	430,0	274±30,2	152,1	123,0	98,8	3,05	2,700
R.W. (9 J.)	prae 587,8	1,15	511,0	371±48,3	158,5	100,0	100,0	2,09	6,830
	post 404,3	1,41	286,5	476±62,0	85,0	68,6	56,1	3,75	3,710
S.R. (15 J.)	prae 237,0	0,76	312,0	236±30,7	100,3	100,0	100,0	6,00	6,400
	post 293,4	0,78	376,0	244±31,8	120,0	123,8	120,5	2,22	2,764
S.G. (10 J.)	prae 355,5	1,17	304,0	367±47,7	96,8	100,0	100,0	3,50	4,700
	post 387,2	1,22	317,0	400±57,2	96,8	106,5	104,3	3,56	4,000
W.H. (22 J.)	prae 314,2	1,52	206,5	519±73,5	60,5	100,0	100,0	3,60	4,860
	post 339,0	1,55	218,5	530±73,9	64,0	107,8	106,0	2,95	2,740
S.J. (6 J.)	prae 351,9	0,76	463,0	184±20,3	191,0	100,0	100,0	3,00	4,040
	post 357,5	0,89	402,0	243±26,7	147,1	101,6	36,7	2,50	1,590
D.M. (4 J.)	prae 239,2	0,74	323,0	186±20,5	128,5	100,0	100,0	4,23	5,800
	post 242,1	0,81	299,0	213±23,4	113,7	101,2	92,5	4,58	3,530

a) Volumen:

P r a e o p e r a t i v :

Von sieben untersuchten Patienten haben nur zwei entsprechend dem Geschlecht, dem Alter und der Körperoberfläche ein normales Herzvolumen. In einem Fall ist das Volumen deutlich reduziert (60,5 % des Sollwertes). Vier Patienten zeigen zum Teil erheblich vergrößerte Herzen, bis maximal 191 % der Norm.

F o s t o p e r a t i v :

Nach der Operation ist das Herzvolumen nur einmal normal. Bei vier Patienten besteht immer noch ein größeres Herzvolumen, bis maximal 152,1 % der Norm. Zweimal ist das absolute Herzvolumen verkleinert, bis maximal 64 % der Norm.

Interessant ist jedoch, daß im Verhältnis zum praeoperativen Wert bei sechs Patienten eine geringe Zunahme des Herzvolumens erfolgt, maximal um 23,8 %. Nur bei einem Patienten nimmt das Herzvolumen ab um 31,4 %.

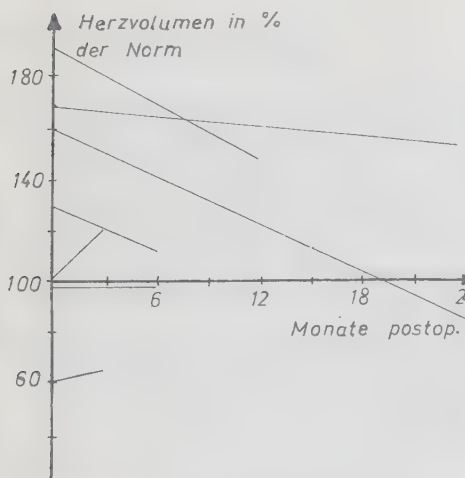


Abb.19) Prae- und postoperative absolute Herzvolumina in % der Norm

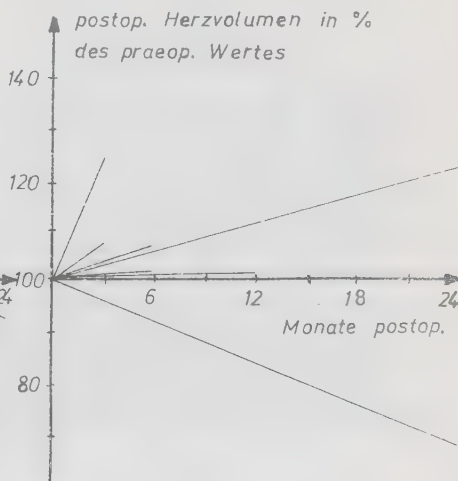


Abb.20) Postoperative absolute Herzvolumina in % des praeoperativen Wertes

b) Kreislauffunktion:

Nach der Operation zeigen vier Patienten eine Abnahme des Schlagvolumens um maximal 41 %. Dreimal nimmt V_S zu, maximal um 118 % des praeoperativen Wertes.

Fast analoge Werte finden wir für das Herzminutenvolumen: fünfmal eine zum Teil starke Reduktion (maximal um 59 %), in zwei Fällen jedoch eine enorme Steigerung des Minutenvolumens (maximal um 140 %).

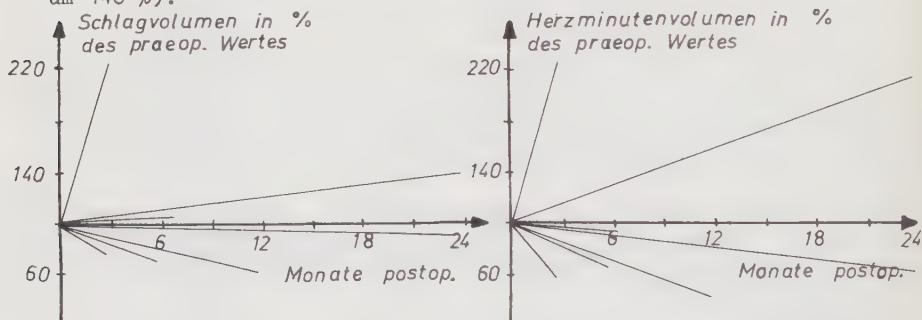


Abb. 21) Schlagvolumenänderung
post operationem

Abb. 22) Herzminutenvolumenänderung
post operationem

Stellt man jedoch ein herzgesundes Kollektiv gegenüber, so liegen praeoperativ bis auf eine Ausnahme alle Schlagvolumen und Herzminutenvolumen im Normbereich, da der Herzindex in diesen Fällen größer als $3 \text{ l/m}^2/\text{min}$ ist. Im Ausnahmefall liegt der Herzindex mit $2,9 \text{ l/m}^2/\text{min}$ noch an der unteren Grenze der Norm. Postoperativ nimmt der Herzindex bei allen Patienten ab und gelangt in vier Fällen unter den Normalwert (Abb. 23).

Der Herzleistungsquotient S/A liegt praeoperativ bei zwei Patienten unter dem Grenzwert. Nach der Operation wird die 2,5-Grenze nur einmal gering unterschritten (Abb. 24).

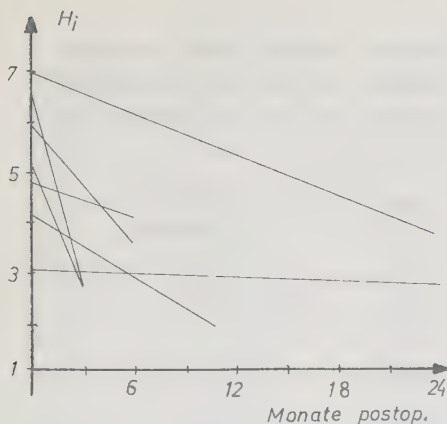


Abb.23) Prae- und postoperative Veränderung des Herzindex

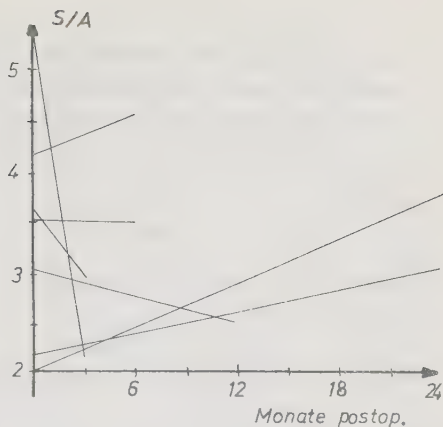


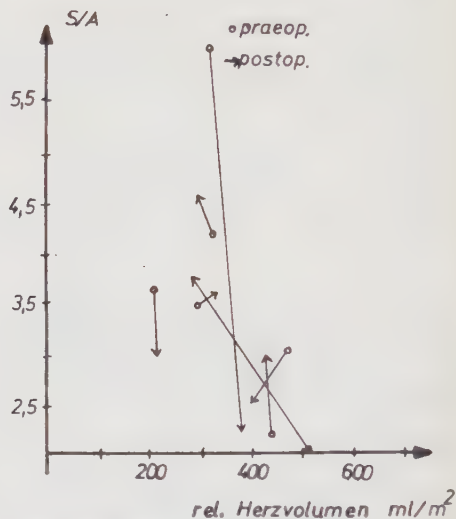
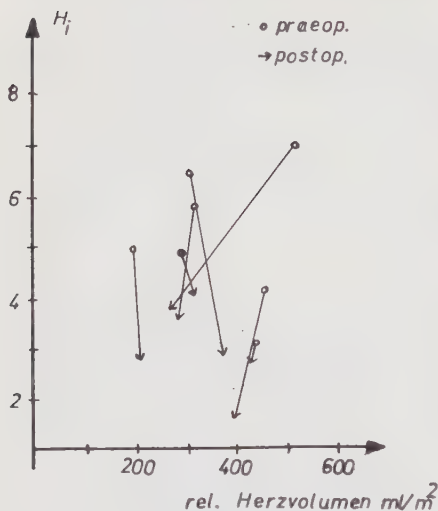
Abb.24) Prae- und postoperative Veränderung des Quotienten S/A

Auch beim Ductus Botalli findet sich bei vergleichender Betrachtung zwischen anatomischen und funktionellen Gegebenheiten kein einheitliches Verhalten.

Postoperativ wird sowohl in der Gruppe mit Verkleinerung des relativen Herzvolumens (4 Patienten) als auch in der Gruppe mit Vergrößerung des relativen Herzvolumens (3 Patienten) der Herzindex verkleinert und liegt sogar viermal (von jeder Gruppe jeweils zwei Fälle) unterhalb der Norm. Maximal beträgt die Reduktion des H_i 57,5 %. Das relative Herzvolumen nimmt in diesem Fall um 20,5 % zu. In der anderen Gruppe fällt im Extremfall der H_i um 45,5 % ab, dabei verkleinert sich das relative Herzvolumen um 43,9 %.

Für S/A gilt in der Gruppe mit Abnahme des relativen Herzvolumens post operationem: Zunahme des S/A bei drei Patienten (maximal um 79,5 %), einmal nimmt der S/A um 16,5 % ab. Der Quotient liegt dabei post operationem immer im Normbereich, während vor dem Eingriff der S/A zweimal kleiner 2,5 war.

In der Gruppe mit Zunahme des relativen Herzvolumens nach der Operation nimmt S/A zweimal ab, maximal um 63, % und gelangt dadurch unterhalb des Grenzwertes. Einmal bleibt S/A nahezu gleich.



4. Pulmonalstenosen

Tabelle 5: Herzvolumen und Herz- und Kreislaufunktion bei Pulmonalstenosen

	Herz- volumen in ml	Ober- fläche in m ²	relatives Herzvolumen in ml/m ²	Soll- Herzvolumen in ml	Herzvolumen in % der Norm	Herzvolumen in % des praeepera- tiven Wertes	relatives Herz- volumen in % des praep. Wertes	S/A	H ₁ l/min/m ²
D.G. (8 J.)	prae 258,7 post 347,5	0,86 1,06	302,0 328,0	272±35,1 347±45,1	95,1 100,0	100,0 134,0	100,0 108,7	2,85 3,86	2,420 6,680
K.S. (6 J.)	prae 262,9 post 228,4	0,79 0,86	333,0 266,0	205±22,1 232±25,6	128,5 98,5	100,0 86,8	100,0 79,8	3,57 3,43	2,900 3,455
H.U. (6 J.)	prae 255,0 post 355,6	0,79 0,82	323,0 434,0	205±22,1 217±23,9	124,3 163,7	100,0 139,5	100,0 134,5	3,00 2,00	3,460 2,890
Z.D. (8 J.)	prae 265,8 post 250,6	0,68 0,80	391,0 313,0	164±18,1 235±25,8	162,0 106,6	100,0 94,2	100,0 80,0	4,80 6,00	4,575 2,175
H.R. (23 J.)	prae 627,1 post 352,8	1,60 1,60	391,0 220,6	546±76,2 546±76,2	115,0 64,6	100,0 56,3	100,0 56,4	2,78 2,70	4,275 2,990
K.Ch. (14 J.)	prae 540,4 post 466,1	1,26 1,30	429,0 358,0	384±42,3 399±43,9	140,7 116,8	100,0 68,3	100,0 83,5	3,86 3,86	1,690 2,900

a) Volumen:

Praeoperativ:

Bei sechs Pulmonalstenosen ist das Herzvolumen praeoperativ nur in einem Fall normal, die anderen zeigen ein vergrößertes Herzvolumen auf maximal 162 % der Norm.

Postoperativ:

Nach dem korrigierenden Eingriff liegt in 50 % der Fälle das Herzvolumen im Normbereich. Einmal verringert sich das Volumen auf 64,6 % der Norm. Zwei Patienten haben auch nach der Operation noch ein vergrößertes Herzvolumen, maximal 163,7 % der Norm.

Beim Vergleich der postoperativen und praeoperativen Herzvolumina zeigt sich, daß bei zwei Pulmonalstenosen das Volumen postoperativ größer wird, maximal um 39,5 %. Viermal nimmt das Volumen im Vergleich zum praeoperativen Befund ab, im Extremfall um 43,7 %.

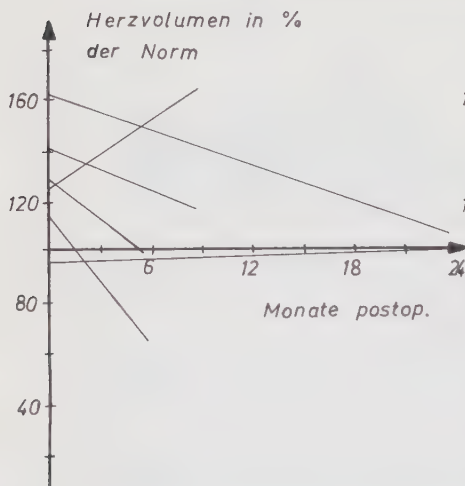


Abb. 27) Prae- und postoperative absolute Herzvolumina in % der Norm

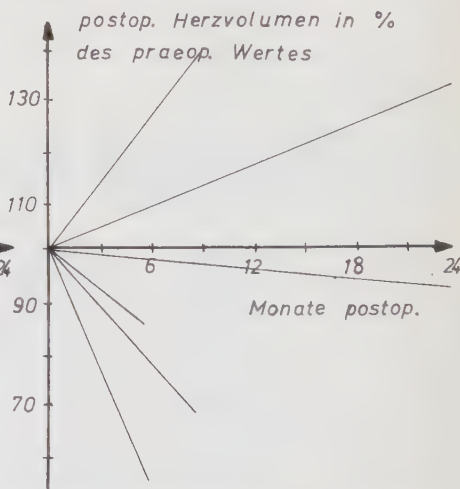


Abb. 28) Postoperative absolute Herzvolumina in % des praep. Wertes

b) Kreislauf:

Das Schlagvolumen nimmt post operationem in 50 % der Fälle zu, maximal um 256 %; in 50 % des Untersuchungsgutes wird das Schlagvolumen reduziert, maximal um 41,8 %. Parallel verhält sich das Herzminutenvolumen. Dreimal nimmt V_m zu, maximal um 340 %. Bei drei Pulmonalstenosen finden wir eine Reduktion von V_m , im Extremfall um 60,8 %.

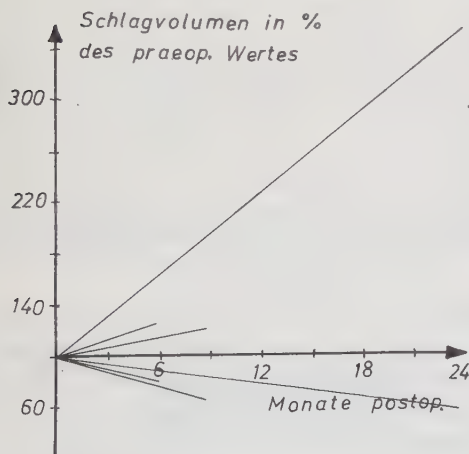


Abb.29) Schlagvolumenänderung post operationem

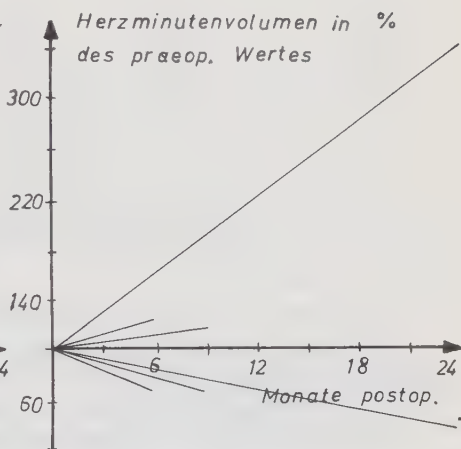


Abb.30) Herzminutenvolumenänderung post operationem

Praeoperativ liegt jedoch das Schlagvolumen und auch das Herzminutenvolumen bei vier von sechs untersuchten Pulmonalstenosen unterhalb der Norm, da der Herzindex kleiner $3 \text{ l/m}^2/\text{min}$ ist. Post operationem erreichen V_s und V_m fast immer Normalwerte. Der Herzindex von $3 \text{ l/m}^2/\text{min}$ wird nur in einem Fall extrem unterschritten. Der Quotient S/A liegt bei den hier untersuchten Pulmonalstenosen praeoperativ immer oberhalb des kritischen Grenzwertes; postoperativ sinkt er einmal unter 2,5.

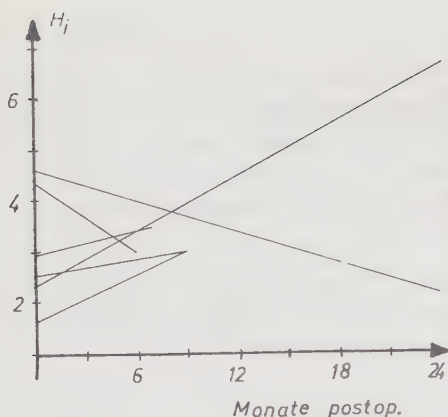


Abb. 31) Prae- und postoperative Veränderung des Herzindex

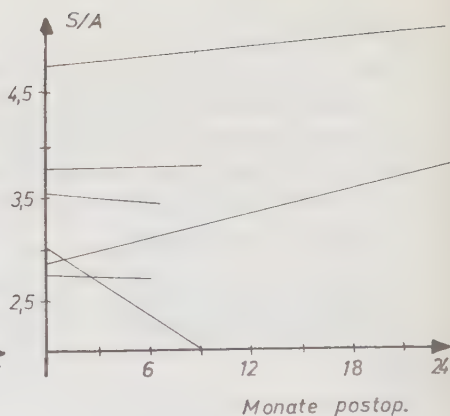


Abb. 32) Prae- und postoperative Veränderung des Quotienten S/A

Bei vier Pulmonalstenosen verkleinert sich das relative Herzvolumen post operationem, im Extremfall um 54,8 %. Der Herzindex wird dabei zweimal kleiner und erreicht eine Reduktion von 54 % maximal. Zweimal vergrößert sich der Herzindex, maximal um 19 %.

In der Gruppe mit Vergrößerung des relativen Herzvolumens postoperativ nimmt der Herzindex immer zu, maximal um 178 %.

S/A bleibt in der Gruppe mit Abnahme des relativen Herzvolumens postoperativ zweimal nahezu gleich. In einem Fall nimmt der Quotient geringgradig ab (um 3 %) und einmal erfolgt eine Zunahme um 25 %. S/A liegt dabei prae- und postoperativ immer im Normbereich. In der Gruppe mit Zunahme des relativen Herzvolumens nach der Operation nimmt S/A einmal um 35 % zu und einmal um 30 % ab. Im letzteren Fall liegt S/A unterhalb des Grenzwertes.

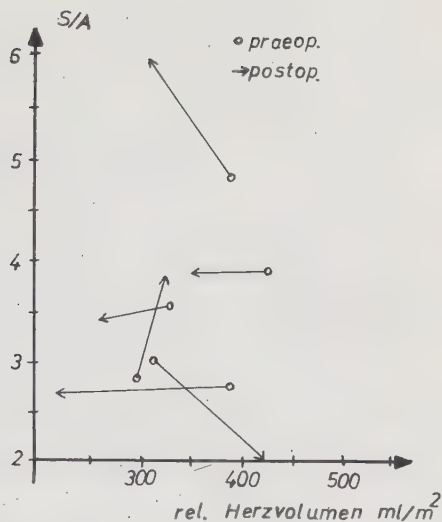
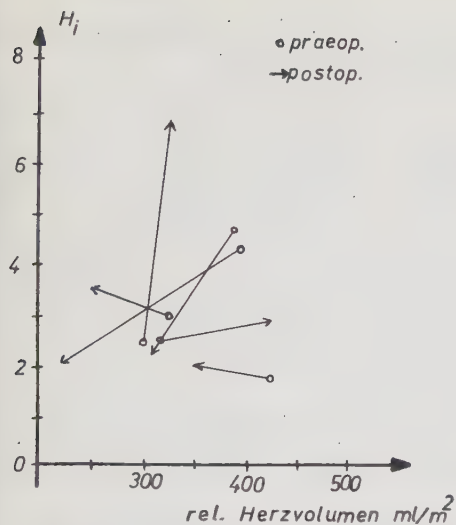


Abb. 33) Prae- und postoperative Veränderung des Herzindex in Korrelation zum relativen Herzvolumen

Abb. 34) Prae- und postoperative Veränderung des Quotienten S/A in Korrelation zum relativen Herzvolumen

5. Aortenisthmusstenosen

T a b e l l e 6: Herzvolumen und Herz- und Kreislauffunktion bei Aortenisthmusstenosen

	Herz- vol. in ml	Ober- fläche in m ²	rel. Herz- vol. ml/m ²	Soll- Herz- vol. in ml	Herz- vol. in % d Norm	Herz- vol. in % d. praeop Wertes	rel. Herz- vol. in % d. praeop Wertes	S/A	H _i l/ min/ m ²
1) prae op.	176,2	0,84	199,0	266±34,5	62,8	100,0	100,0	3,23	-
post	395,2	0,94	420,0	303±39,4	130,3	236,0	211,0	4,00	-
2) prae op.	531,9	1,55	343,0	529±71,6	100,5	100,0	100,0	3,34	-
post	503,3	1,56	322,5	532±74,4	94,5	94,5	94,0	3,10	-
3) prae op.	628,6	1,97	319,0	855±131,5	73,5	100,0	100,0	3,11	-
post	828,0	1,98	418,0	857±132	96,5	132,0	131,0	2,84	-
4) prae op.	1231,4	1,52	810,0	651±100	189,3	100,0	100,0	6,00	-
post	943,6	1,46	646,0	634±97,0	149,0	76,5	79,7	4,83	-

1) = K.H. (9 J.)

2) = D.E. (19 J.)

3) = K.B. (20 J.)

4) = K.K. (25 J.)

a) Volumen:

P r a e o p e r a t i v :

Praeoperativ liegt bei vier Aortenisthmusstenosen das Herzvolumen nur in einem Fall im Normbereich. Zweimal liegt das Herzvolumen unterhalb der Norm und beträgt im Extremfall 62,8 %. Einmal ist das Volumen bis auf 189 % der Norm vergrößert.

P o s t o p e r a t i v :

Bei zwei operierten Aortenisthmusstenosen ist das Herzvolumen normal, bei den beiden anderen beobachten wir eine Vergrößerung des Herzvolumens nach der Operation bis maximal 143 % der Norm.

Im Vergleich zum praeoperativen Wert nimmt das Volumen post operationem bei zwei Aortenisthmusstenosen ab, maximal um 23,5 %. In den beiden anderen Fällen vergrößert sich das Volumen postoperativ, im Extremfall um 136 % des praeoperativen Wertes.

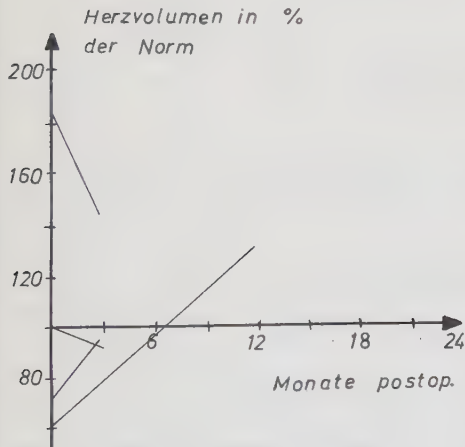


Abb.35) Frae- und postoperative absolute Herzvolumina in % der Norm

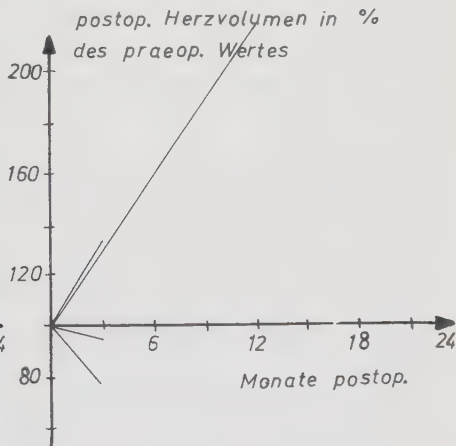


Abb.36) Postoperative absolute Herzvolumina in % des praeoperativen Wertes

b) Kreislauffunktion:

Bei den Aortenisthmusstenosen können wir nur den Quotienten S/A bestimmen. Die Bestimmung des Schlag- und Herzminutenvolumens nach der Methode von Broemser und Ranke ist nicht zulässig.

Der Herzleistungsquotient S/A liegt prae- und postoperativ bei den vier untersuchten Aortenisthmusstenosen im Normbereich.

Bei zwei Aortenisthmusstenosen verkleinert sich nach der Operation das relative Herzvolumen (maximal um 20 %). S/A wird dabei ebenfalls reduziert, maximal um 20 %.

Bei zwei Patienten vergrößert sich das relative Herzvolumen nach der Operation (maximal um 111 %), dabei nimmt S/A einmal um 25 % zu und einmal um 9,5 % ab.

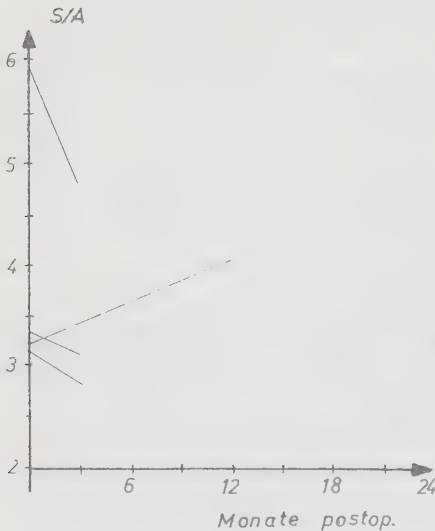


Abb. 37) Prae- und postoperative Veränderung des Quotienten S/A

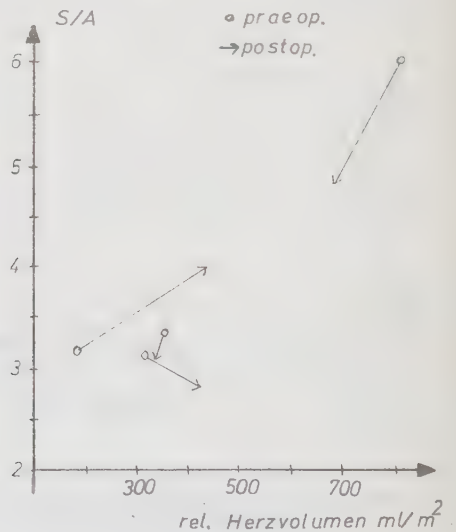


Abb. 38) Prae- und postoperative Veränderung des Quotienten S/A in Korrelation zum relativen Herzvolumen

6. Fallot'sche Tetralogie

T a b e l l e 7: Herzvolumen und Herz- und Kreislauffunktion bei Fallot'scher Tetralogie

	Herz- vol. in ml	Ober- fläche in m ²	rel. Herz- vol. ml/m ²	Soll- Herz- vol. in ml	Herz- vol. in % d. Norm	Herz- vol. in % d. praeop. Wertes	rel. Herz- vol. in % d. praeop. Wertes	S/A	H _i l/ min/ m ²
1) prae op.	312,1	1,08	289,0	355±46,1	88,0	100,0	100,0	2,10	3,210
post	608,5	1,02	597,0	333±43,3	182,7	195,0	207,0	4,17	2,510
2) prae op.	375,4	1,37	274,0	466±65,4	80,5	100,0	100,0	2,46	2,610
post	544,8	1,37	397,0	466±65,4	116,9	145,3	144,8	3,13	3,685
3) prae op.	293,9	0,84	350,0	225±24,7	130,5	100,0	100,0	3,11	3,480
post	374,7	0,99	379,0	281±30,9	133,5	127,6	108,4	1,56	4,715
4) prae op.	493,3	1,24	397,5	414±53,3	119,0	100,0	100,0	2,50	2,160
post	442,9	1,50	295,0	510±66,4	89,0	90,0	74,0	3,00	2,990
5) prae op.	958,4	1,74	550,0	754±116	127,0	100,0	100,0	2,50	1,715
post	1015,0	1,88	540,0	815±125,5	124,6	106,0	98,0	3,86	2,940

1) = K.G. (9 J.)

2) = F.H. (17J.)

3) = B.J. (9 J.)

4) = W.R. (12J.)

5) = H.A. (28J.)

a) Volumen:

P r a e o p e r a t i v :

Von fünf Patienten mit Fallot'scher Tetralogie hat nur einer ein normales Herzvolumen. Einmal war das Herz um 19,5 % verkleinert. Bei drei Patienten liegt das Herzvolumen oberhalb der Norm.

P o s t o p e r a t i v :

Nach dem korrigierenden Eingriff ist bei den meisten Patienten das Herz größer als es der Norm entspricht. In einem Fall liegt das Volumen eben noch im Normbereich. Im Verhältnis zum praeoperativen Wert nimmt das Volumen um 10 % ab. Alle anderen Herzvolumina sind post operationem größer geworden, maximal um 95 % des praeoperativen Wertes.

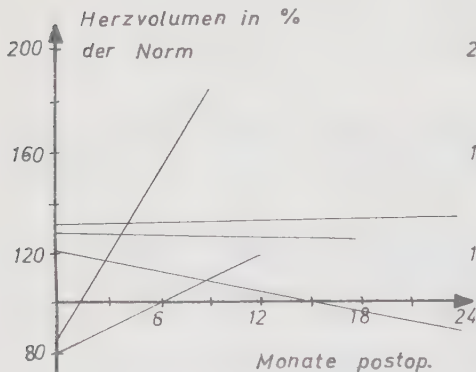


Abb.39) Prae- und postoperative absolute Herzvolumina in % der Norm

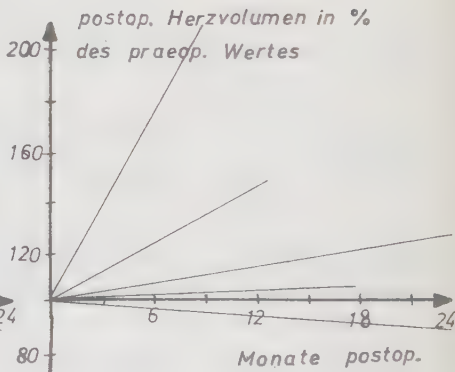


Abb.40) Postoperative absolute Herzvolumina in % des praeoperativen Wertes

b) Kreislauffunktion:

Bei einem Patienten ist das Schlagvolumen postoperativ um 9 % reduziert. Bei vier Patienten läßt sich eine eindeutige Zunahme von V_s feststellen, im Extremfall um 96,5 % des praeoperativen Wertes. Analoges gilt für das Herzminutenvolumen. Es nimmt einmal um 16 % ab, zeigt jedoch in den anderen Fällen eine erhebliche Zunahme, maximal um 87 %.

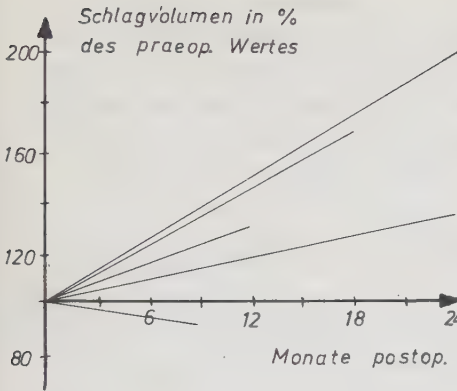


Abb.41) Schlagvolumen
post operationem

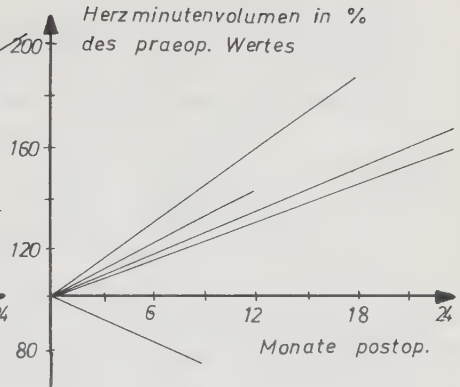


Abb.42) Herzminutenvolumen
post operationem

Gegenüber Herzgesunden ist bei drei Patienten V_m und V_s prae- und postoperativ erniedrigt, wie aus dem Herzindex hervorgeht. Zweimal bleibt der Herzindex vor und nach der Operation über $3 \text{ l/m}^2/\text{min}$.

Der Quotient S/A zeigt praeoperativ sehr ungünstige Werte. Er liegt eigentlich nur einmal im Normbereich. Post operationem findet man nur bei einem Patienten einen S/A unterhalb des kritischen Wertes.

Über die Beziehungen zwischen morphologischen und funktionellen Veränderungen lassen sich folgende Beobachtungen machen: In der Gruppe mit Vergrößerung des relativen Herzvolumens post operationem erhöht sich zweimal der Herzindex, maximal um 57 %, während sich einmal der Herzindex um 22 % verschlechtert und damit unterhalb des kritischen Grenzwertes gelangt.

Bei den beiden Patienten, deren relatives Herzvolumen sich nach der Operation verkleinert, nimmt der Herzindex zu (maximal um 73 %), Normwerte werden jedoch noch nicht erreicht.

Auch über Veränderungen des S/A nach der Operation lassen sich keine eindeutigen Beziehungen zum veränderten relativen Herzvolumen feststellen. In der Gruppe mit Zunahme des relativen Herz-

volumens nimmt S/A in zwei Fällen zu (im Extrem um 98 %) und gelangt dabei auch über den Grenzwert. Bei einem Patienten wird S/A um 48 % reduziert. In der Gruppe mit Verminderung des relativen Herzvolumens nimmt S/A nach der Operation zu, maximal um 54 %.

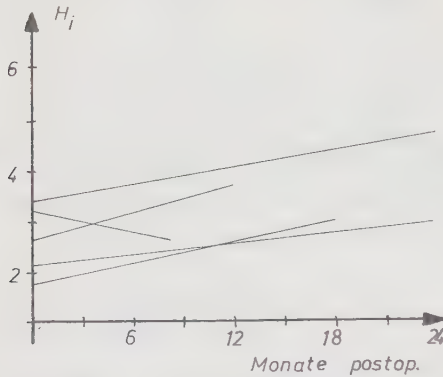


Abb.43) Prae- und postoperative Veränderung des Herz-index

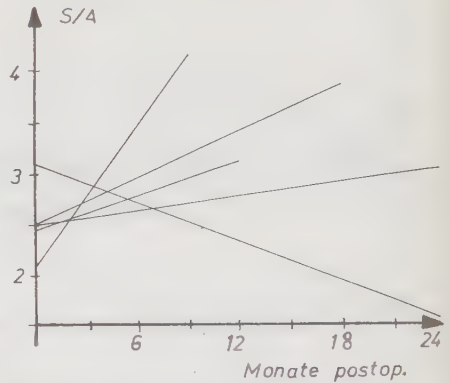


Abb.44) Prae- und postoperative Veränderung des Quotienten S/A

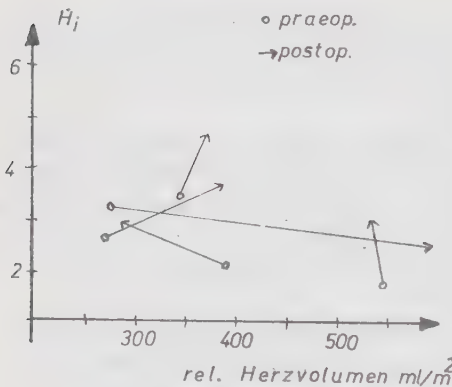


Abb.45) Prae- und postoperative Veränderung des Herz-index in Korrelation zum relativen Herzvolumen

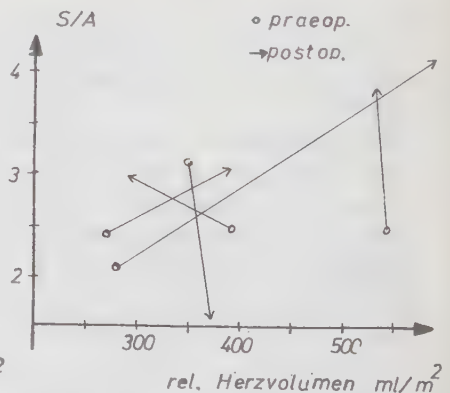


Abb.46) Prae- und postoperative Veränderung des Quotienten S/A in Korrelation zum relativen Herzvolumen

7. Fallot'sche Trilogie

T a b e l l e 8: Herzvolumen und Herz- und Kreislauffunktion bei Fallot'scher Trilogie

	Herz- vol. in ml	Ober- fläche in m ²	rel. Herz- vol. ml/m ²	Soll- Herz- vol. in ml	Herz- vol. in % d.Norm	Herz- vol. in % d. praeop. Wertes	rel. Herz- vol. in % d. praeop. Wertes	S/A	H _i l/min/ m ²
prae	149,8	0,65	230,5	152±16,7	98,5	100,0	100,0	6,11	3,56
op.									
post	246,0	0,72	341,5	179±23,3	137,3	164,0	148,0	4,84	3,45

Bei dem Patienten (P.G. 8 Jahre) mit Fallot'scher Trilogie ist das Herz praeoperativ normal groß. Postoperativ nimmt das Herzvolumen um 64 % des praeoperativen Wertes zu.

Das Schlagvolumen vergrößert sich postoperativ um 26 %. Das Herzminutenvolumen nimmt nach der Operation um 8 % zu. V_m und V_s liegen prae- und postoperativ immer im Normbereich, da der Herzindex immer oberhalb des Grenzwertes von 3 l/m²/min liegt.

Der Quotient S/A ist ebenfalls immer größer als 2,5.

D) BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

1. Vorhofseptumdefekt

Als Folge einer chronischen Volumenbelastung durch das Shuntvolumen besteht praeoperativ in den meisten Fällen von Vorhofseptumdefekten eine Herzvergrößerung, besonders des rechten Herzens, entsprechend der Pathophysiologie der Haemodynamik wie sie auch von anderen Autoren^{10,11)} bewiesen wurde. Die Ursache der Herzvergrößerung sehen wir in einer Adaptation des rechten Ventrikels an die vermehrte Volumenbelastung durch das Shuntvolumen, wobei die Vergrößerung des rechten Ventrikels von der Größe des Shunts abhängt. Im Stadium der Rechtsinsuffizienz kommt es zusätzlich zu einer myogenen Dilatation.

Wir beobachteten jedoch auch praeoperativ ein normales und auch ein verkleinertes Herz. Normale Herzvolumina beim Vorhofseptumdefekt lassen sich zunächst auf ein relativ kleines Shuntvolumen zurückführen, das nicht zu entscheidenden morphologischen Veränderungen am rechten Herzen geführt hat.

Für eine Verkleinerung des Herzvolumens praeoperativ gilt folgende Überlegung: Die normalerweise innerhalb des ersten Lebensjahres einsetzende physiologische Hypertrophie des linken Ventrikels um das Dreifache hat infolge mangelnden Wachstumsreizes nicht optimal stattgefunden. Dies kann bei sehr großen Defekten der Fall sein. In diesem Zusammenhang ist auch die starke Leistungsminderung des linken Ventrikels in zwei von drei untersuchten Vorhofseptumdefekten, bei denen das Herz praeoperativ verkleinert war, zu erklären.

Im Gegensatz zu anderen Autoren wie D e x t e r¹²⁾ und J o n s s o n¹³⁾ können wir praeoperativ nur in 50 % aller Vorhofseptumdefekte eine Leistungsminderung des Herzens feststellen. Das Herzminutenvolumen in Ruhe schwankt zwischen 1,54 und 6,5 l/m²/min. Im Falle einer normalen Herzleistung ist entweder der Abfluß des Blutes durch den intraatrialen Shunt funktionell noch nicht in stärkerem Maße wirksam oder es hat bereits eine Shuntumkehr stattgefunden. Andererseits sind normale Werte für die Herzleistung

auch aus der Methode selbst heraus zu erklären, die uns keine Aussagen über das haemodynamisch stärker betroffene rechte Herz macht.

Schwere haemodynamische Störungen bzw. die Zeichen einer muskulären Herzschwäche bestehen praeoperativ nur in einem Fall. Der Herzleistungsquotient ist auf 2,18 infolge Verlängerung der Anspannungszeit gesunken. Dabei ist das Ruhezeitvolumen ebenfalls vermindert. Jedoch liegt gerade in diesem Fall das Herzvolumen im Normbereich.

Im Falle S.L. finden wir praeoperativ ein enorm vergrößertes Herz mit einem sicherlich großen Shuntvolumen (wie aus dem sehr kleinen Herzindex abzuleiten ist) und trotzdem lassen sich keine Zeichen einer muskulären Insuffizienz nachweisen (Anspannungszeit und Austreibungszeit im Normbereich).

Nach operativem Verschluß kommt es in neun Fällen zu einer Zunahme des relativen Herzvolumens, vor allem bei den Patienten, deren Herzvolumen praeoperativ verkleinert war. Als Ursache ist eine Vergrößerung des linken Ventrikels zu diskutieren. Zweimal können wir dabei auch eine Zunahme des Ruheminutenvolumens feststellen. Ein Fall kann nicht geklärt werden, da es hierbei zu einer enormen Verringerung des Herzindex kam, obwohl Anspannungs- und Austreibungszeit völlig normal waren. Vielleicht lag in diesem Falle eine relative Herzinsuffizienz vor, da das Kind in drei Monaten enorm gewachsen war und auch an Gewicht zugenommen hatte. Bei fünf Vorhofseptumdefekten nimmt das relative Herzvolumen post operationem nur gering zu, während im Falle F.G. sich das relative Herzvolumen um 38,7 % vergrößert. Eine Vergrößerung des relativen Herzvolumens nach der Operation ist durch das Vorliegen noch anderer Vitien, die Manifestierung einer praeoperativ vorhandenen Insuffizienz bei körperlicher Betätigung oder durch eine echte Volumenzunahme bedingt. Im Falle F.G. möchten wir eine echte Volumenzunahme annehmen, da Herzindex und Herzleistungsquotient post operationem normal geworden waren. Klarheit läßt sich jedoch erst durch eine zusätzliche spezielle Untersuchung, wie Herzkatheterisierung, gewinnen.

Dreimal verkleinert sich das relative Herzvolumen nach der Operation. Als Ursache ist hauptsächlich die jetzt nicht mehr vorhandene Volumenbelastung durch das Shuntvolumen zu nennen. Das verkleinerte Herz zeigt sich bei unserem Krankengut in jedem Falle leistungsstärker, da Herzindex und Herzleistungsquotient nach der Operation zunehmen.

2. Ventrikelseptumdefekt

Bei Ventrikelseptumdefekten finden wir praeoperativ zumeist ein vergrößertes Herz. Es lassen sich Parallelen zum Vorhofseptumdefekt ziehen. In Abhängigkeit vom Shuntvolumen erfolgt zunächst eine regulative Anpassung des Volumens und im Insuffizienzstadium kommt es zur myogenen Dilatation. Wir beobachten jedoch nur in zwei Fällen praeoperativ eine gestörte Herzleistung (S/A und Herzindex liegen unterhalb der Norm). Bei den übrigen fünf Patienten müssen wir die Herzvergrößerung als Adaptationsvorgang des rechten Ventrikels ansehen. Einmal entspricht das Herzvolumen der Norm, in funktioneller Hinsicht stellen wir dabei auch keine Besonderheiten fest, es handelte sich um einen kleinen Defekt von 3 mm Durchmesser.

Das Ruhezeitvolumen schwankt praeoperativ zwischen 1,18 und 6,68 l/m²/min. Dabei gelten hinsichtlich eines normalen Herzindex analoge Überlegungen wie beim Vorhofseptumdefekt. Schwere haemodynamische Veränderungen können wir nur im Fall R.Chr. nachweisen. Hier bestehen außer einem Ventrikelseptumdefekt noch eine Pulmonalstenose und ein offenes Foramen ovale. Das Schlagvolumen beträgt in diesem Fall 17,8 ml und damit errechnet sich ein Herzindex von 1,18 l/m²/min. Der S/A ist mit 2,0 verkleinert bei normaler Austreibungszeit und vergrößerter Anspannungszeit. Wir möchten daraus doch gewisse Dekompensationszeichen ableiten.

Im Falle eines Cor triloculare biatriatum, 14 Jahre, finden wir bei einer Vergrößerung des Herzvolumens um 86,7 % des Sollwertes weder den Herzindex noch den Herzleistungsquotienten außerhalb der Norm.

Post operationem nimmt das relative Herzvolumen siebenmal ab, dabei werden in drei Fällen sogar Normwerte erreicht. Als Ursache sehen wir wiederum den Wegfall der Volumenbelastung durch den Shunt. Durch die haemodynamische Umstellung postoperativ kann in vier Fällen eine ausreichende Herzleistung erzielt werden. Dreimal wird keine gute Herzleistung erreicht. Wir führen dies auf die Manifestierung einer praeoperativ vorhandenen Herzinsuffizienz oder einen unvollkommenen Verschuß des Septumdefektes zurück. Die Herzleistungsminderung kann auch unmittelbare Operationsfolge sein.

Vergrößerungen des relativen Herzvolumens postoperativ können auf analoge Ursachen wie beim Vorhofseptumdefekt zurückgeführt werden. In unserem Fall ging die Herzvergrößerung mit einer Minderleistung des Herzens parallel.

3. Ductus Botalli

Bei den meisten Patienten finden wir praeoperativ eine Vergrößerung des Herzens. Auch hier sehen wir wieder die Ursache in einem Anpassungsvorgang an das Shuntvolumen und im Stadium der Dekompensation in einer myogenen Dilatation. Wir beobachten auch noch nicht vergrößerte Herzen, die auf ein kleines Shuntvolumen zurückzuführen sind.

Bei Patienten mit normalem Herzvolumen können wir auch keine Einschränkung der Herzleistung feststellen. Aber auch in zwei Fällen mit Vergrößerung des Herzvolumens liegen H_1 und S/A im Normbereich.

Beim Ductus Botalli ist zunächst die linke Herzhälfte haemodynamisch stärker betroffen, so daß uns bei diesem Krankheitsbild der Herzindex und der Herzleistungsquotient über die tatsächliche Herzleistung Auskunft geben können.

In zwei Fällen mit Vergrößerung des Herzvolumens ist bereits eine starke haemodynamische Störung aufgetreten. Bei dem Patienten R.W. ist zwar noch der H_1 ausreichend infolge Steigerung der Herzfrequenz, die Anspannungszeit ist jedoch schon über die Norm

verlängert und wir erhielten einen sehr schlechten Herzleistungsquotienten von 2,09. Im anderen Fall H.J. wird die normale Förderleistung des Herzens trotz Frequenzsteigerung nicht erreicht.

Postoperativ nimmt das relative Herzvolumen sehr häufig ab, wobei bis auf einen Fall noch keine Normwerte erreicht werden. Die Ursache ist auch hier wieder, wie bei allen bisher besprochenen Fällen, in einem Wegfall des belastenden Shuntvolumens zu sehen. Dreimal ist dabei das Funktionsergebnis nach der Operation zufriedenstellend, wobei in einem Falle einer praeoperativen Dekompensation postoperativ noch nicht ganz die Normwerte erreicht werden. Bei Patienten mit Vergrößerung des relativen Herzvolumens post operationem beobachten wir als Ausdruck einer latenten Herzinsuffizienz eine Verschlechterung der Herzleistung.

4. Pulmonalstenosen

Das Herzvolumen ist bei sechs von sieben Pulmonalstenosen praeoperativ vergrößert. Damit stimmen wir mit Kjellberg¹¹⁾ überein. Allerdings konnten verschiedene andere Autoren^{15, 16)} für die kompensierte Pulmonalstenose keine Herzvergrößerung feststellen. Als Ursachen der Vergrößerung werden eine konzentrische Hypertrophie des rechten Ventrikels infolge chronischer Druckbelastung und im Insuffizienzstadium eine Gefügedilatation angenommen. In einem Fall dieser Untersuchungsreihe ist ein normal großes Herz vorhanden.

In 50 % der Fälle ist der Herzindex normal, in 50 % liegt er unterhalb der Norm. Die reduzierte Förderleistung des Herzens ist hier nicht Ausdruck einer Insuffizienz, wie der in jedem Falle normale S/A beweist, sondern Ausdruck des verminderten Schlagvolumens. Wir können auch bei über die Norm vergrößerten Herzen keine schweren haemodynamischen Störungen finden, so daß in unserem Krankengut keine manifeste Insuffizienz vorgelegen hat.

Post operationem beobachten wir in der überwiegenden Zahl der Fälle eine Verkleinerung des Herzvolumens durch den Rückgang der morphologischen Adaptation. Bei zwei Pulmonalstenosen kommt es postoperativ zu einer Größenzunahme des Herzens, da der linke Ventrikel durch die verbesserte Füllung an Größe zunimmt. Die Verbesserung des Herzindex bestätigt dies.

Im Falle H.U. ist das Herz schon praeoperativ vergrößert und läßt nach der Valvulotomie noch eine weitere Größenzunahme erkennen. In diesem Fall ist es wahrscheinlich noch zu keinem Rückgang der morphologischen Adaptation des rechten Ventrikels gekommen, während sich der linke Ventrikel bereits an die veränderte Haemodynamik angepaßt hat. Der H_1 hat postoperativ zugenommen, jedoch den Normwert noch nicht ganz erreicht.

5. Aortenisthmusstenosen

Von vier untersuchten Patienten mit Aortenisthmusstenose zeigt ein Patient entsprechend dem Alter, dem Geschlecht und der Körpergröße ein normales Herzvolumen. Man muß annehmen, daß es hierbei zu einer geringgradigen konzentrischen Hypertrophie ohne Gefügedilatation gekommen ist, die auf die Gesamtgröße des Herzens keinen Einfluß hat. Andererseits ist bei druckbelastetem linken Herzen die Volumenleistung des gesamten Herzens herabgesetzt, was letztlich zur Verkleinerung der Vorhöfe und der rechten Herzkammer führt.¹⁶⁾ In diesem Sinne deuten wir auch die relativ kleinen Herzen bei zwei Patienten.

Der Quotient S/A ist praeoperativ bei allen Aortenisthmusstenosen größer als 2,5.

Post operationem nimmt das Herzvolumen zu. Die Herzgrößenänderung ist hauptsächlich auf die vermehrte Volumenbelastung des rechten Ventrikels und der Vorhöfe zurückzuführen. Der Herzleistungsquotient ist nach der Operation ebenfalls größer als 2,5.

Hervorzuheben ist der Fall K.K. (Kombinierte Aortenisthmusstenose und Aortenklappenstenose). Das Herzvolumen ist vor der Operation

vergrößert. Der S/A beträgt infolge verlängerter Austreibungszeit 6,0. Nach der Operation nimmt das Herzvolumen ab, der Herzleistungsquotient sinkt auf einen Wert von 4,83 ab, da sich jetzt die Austreibungszeit normalisiert hat.

6. Fallot'sche Tetralogie

Als Folge chronischer Volumen- und Druckbelastung ist praeoperativ das Herz in drei Fällen vergrößert. Wir sehen auch hierin zunächst einen Adaptationsvorgang und im Insuffizienzstadium eine zusätzliche Gefügedilatation. Bei einem Patienten beobachten wir ein normal großes und bei einem anderen Patienten ein verkleinertes Herz. Entweder ist das Shuntvolumen in diesen Fällen sehr klein - bei ausgeprägter Pulmonalstenose - oder das relativ kleine Volumen geht auf Kosten des linken Herzens. Das linke Herz erhält wenig Zufluß über die Vena pulmonalis und leistet außerdem weniger Druckarbeit, da die Patienten in der Regel zu keiner körperlichen Arbeit fähig sind. Die Herzleistung ist praeoperativ vermindert. Das Ruhezeitvolumen schwankt zwischen 1,7 und 3,48 l/m²/min.

Im Falle einer normalen Herzleistung gilt folgende Überlegung: Bei der Fallot'schen Tetralogie ist das rechte Herz haemodynamisch stärker betroffen, während durch den Herzindex die Leistung des linken Herzens beurteilt wird. Wie auch schon beim isolierten Ventrikelseptumdefekt dargelegt wurde, kann beim Rechts-Links-Shunt durchaus eine normale Förderleistung des Herzens bestehen. Außerdem kann durch Frequenzsteigerung das Herzminutenvolumen ausreichend sein, wie im Falle K.G. Ausdruck der muskulären Herzschwäche ist dabei der unter den kritischen Wert verminderte Herzleistungsquotient.

Nach der Operation beobachten wir bei drei Patienten eine Herzvergrößerung, bedingt durch eine Größenzunahme des linken Herzens oder durch eine myogene Dilatation, die die Folge eines bereits praeoperativ vorhandenen irreversiblen Myocardschadens ist.

Eine verstärkte körperliche Betätigung nach der Operation kann außerdem zu einer echten Größenzunahme des Herzens führen.

Postoperativ finden wir zweimal ein verkleinertes Herz. Die Reduktion des Gesamtherzvolumens erfolgt hauptsächlich auf Kosten des rechten Herzens, wie das schon für die isolierte Pulmonalstenose und den isolierten Ventrikelseptumdefekt dargelegt wurde.

Nach der Operation nimmt die Förderleistung des Herzens in der Regel zu, obwohl selten optimale Werte erreicht werden. Im Falle K.G. vermindert sich die Herzleistung wohl als Folge einer myogenen Dilatation, da es postoperativ zu einer erheblichen Herzvergrößerung gekommen war.

7. Fallot'sche Trilogie

Wir haben nur einen Fall von Fallot'scher Trilogie untersucht. Praeoperativ finden wir ein normales Herzvolumen bei guter Herzleistung. Theoretisch würde man eine Vergrößerung des Herzens infolge chronischer Volumen- und Druckbelastung erwarten. Es gelten ähnliche Überlegungen wie für den Vorhofseptumdefekt und die Pulmonalstenosen. Gerade beim Vorhofseptumdefekt und Rechts-Links-Shunt kann man eine normale Herzleistung erwarten.

Post operationem nimmt das relative Herzvolumen zu. Es gelten analoge Überlegungen wie bei der isolierten Pulmonalstenose. Daß es sich bei unserem Patienten um keine pathologische Herzvergrößerung handelt, beweist die gute Herzleistung.

Bei allgemeiner Übersicht der vorliegenden Untersuchungsergebnisse bezüglich des röntgenologisch gemessenen Herzgesamtvolumens vor und nach der Operation bei angeborenen Herzfehlern ergeben sich, wenn auch die Zahl der untersuchten Patienten in den einzelnen Gruppen relativ klein ist, differente Ergebnisse.

Grundsätzlich kann aus der Herzgröße allein keine Aussage über die Leistungsbreite des Herzens gemacht werden. Volumenbelastete Herzen (Vorhofseptumdefekt, Ventrikelseptumdefekt und Ductus Botalli) sind praeoperativ häufig vergrößert. Die Herzleistung ist dabei gut oder herabgesetzt. Nach dem operativen Eingriff und der haemodynamischen Umstellung verhalten sich die volumenbelasteten Herzen hinsichtlich ihrer Größen- und Leistungsänderung sehr unterschiedlich. Die Herzvolumenabnahme postoperativ geht fast immer mit einer guten Herzleistung parallel.

Bei Vergrößerung des relativen Herzvolumens nach der Operation konnten wir sowohl eine gute als auch eine verminderte Herzleistung beobachten.

Druckbelastete Herzen (Pulmonalstenose, Aortenisthmusstenose) verhalten sich hinsichtlich ihrer Herzgröße nicht einheitlich. Das Herzvolumen ist bei Pulmonalstenosen praeoperativ vergrößert. Die Herzkraft ist dabei gut, der verminderte Herzindex die Folge der Volumenentlastung des linken Ventrikels. Nach der Operation nimmt das Herzvolumen ab, der Herzindex wird dabei häufig verbessert.

Bei den untersuchten Aortenisthmusstenosen ist das Volumen praeoperativ normal oder verkleinert. Postoperativ nimmt das Herzvolumen zu. Der Herzleistungsquotient ist prae- und postoperativ größer als 2,5.

Entsprechend der Kombination mehrerer Herzvitien und der komplizierten Haemodynamik finden wir bei der Fallot'schen Tetralogie praeoperativ unterschiedliche Herzvolumina. Die Herzleistung ist erwartungsgemäß meist vermindert. Nach dem chirurgischen Eingriff verhalten sich die relativen Herzvolumina sehr unterschiedlich, die Herzfunktion wird zumeist verbessert, wenn auch keine optimalen Leistungen erreicht werden.

E) ZUSAMMENFASSUNG

Aufgrund der Bestimmung des Herzvolumens prae- und postoperativ bei kongenitalen Herzvitiien nach der röntgentopographischen Methode von H. Büchner läßt sich sagen, daß aus der Herzgröße allein keine Rückschlüsse auf die Herzleistung gezogen werden dürfen. Durch die Adaptation an vermehrte Druck- oder Volumenarbeit ist das Herzvolumen vor der Operation vergrößert, verkleinert oder normal. Durch die Anpassung an die veränderte Haemodynamik nach der Operation ergeben sich sehr differente Veränderungen des Herzvolumens.

Erst die Korrelation des Herzvolumens zu funktionellen Größen, wie Herzindex und Herzleistungsquotient, erlauben Rückschlüsse auf den Suffizienzgrad des Herzens und gestatten eine Aussage über den Erfolg der korrigierenden Operation angeborener Herzfehler.

Aus dieser Problematik heraus haben wir bei 43 Patienten mit angeborenen Herzfehlern im Alter von 4 bis 28 Jahren das Herzvolumen prae- und postoperativ röntgenologisch bestimmt und vergleichende Betrachtungen zum Herzindex und Herzleistungsquotienten vorgenommen.

F) LITERATURVERZEICHNIS

- 1) Büchner H. und M. Griesse: Röntgenologische Herzvolumenbestimmung und Herzmodellierung.
Arch. Kreislaufforschg. 32 (1960), 292.
- 2) Björck G.: On the relationship between the heart volume and various physical factors.
Acta radiol. (Stockholm) 25 (1944), 372.
- 3) Ludwig H.: Röntgenologische Beurteilung der Herzgröße
Fortschr. Röntgenstr. 59 1(1939), 132, 250.
- 4) Frisch P. und H. Klepzig: Zur Herzgrößenbestimmung bei Herzkranken.
Arch. Kreislaufforschg. 33 (1960), 215.
- 5) Broemser Ph. und O.F. Ranke: Über die Messung des Schlagvolumens des Herzens auf unblutigem Wege.
Z. Biol. 90 (1930), 468.
- 6) Ranke O.F.: Die Theorie der physikalischen Schlagvolumenbestimmung.
Verh. d. Dt. Ges. f. Kreislaufforschg. 15 Anhang (1949), 1.
- 7) Wetterer E. und B. Dappe: Neue Fortschritte der physikalischen Schlagvolumenbestimmung.
- 8) Frucht A.H.:
Zeitschr. Kreislaufforschg. 42 (1953).
- 9) Blumberger K.J.: Was sagt das Größenverhältnis Austreibungszeit/Anspannungszeit über die Arbeit des Herzens aus.
Klin. Wschr. 20 (1941).

- 10) Reindell H., D.Bilger, H.Stein, R.Bilger, K.König,
G.Meier, W.Gebhard und J.Emmerich.
Arch. Kreislaufforschg. 38 (1962), 71.
- 11) Kjellberg S.R., E.Mannheimer, N.Ruhde und B.Jonsson.
Diagnosis of congenital heart disease. Chicago 1959.
- 12) Dexter L.: Arterial septal defect.
Brit. Heart J. 18 (1956), 439.
- 13) Jonsson B., H.Linderholm und G.Pinardi:
Atrial septal defect: a study of physical working and
hemodynamics during exercise.
Acta med. scand. 159 (1957), 275.
- 14) Reindell H., H.Roskamm, K.König und G.Kessler.
Der Sportarzt: 10 (1961), 300, 11326.
- 15) König K.
Habil.Schrift, Freiburg i.B. (1963).
- 16) Reindell H., K.König und H.Roskamm:
Funktionsdiagnostik des gesunden und kranken Herzens.
Georg Thieme Verlag 1967.

Lebenslauf.

Am 26. 5. 1936 wurde ich, Thea Kranz geborene Scharff, als Tochter des kaufmännischen Angestellten Walter Scharff und seiner Ehefrau Martha, geb. Geißler, in Grimma/Sachsen geboren.

Von 1942 - 1950 besuchte ich die Grundschule in Grimma und anschließend die dortige Oberschule, an der ich im Juli 1954 die Reifeprüfung ablegte. Die Ergänzungsprüfung zum Abitur der Oberschule Grimma bestand ich am 27. 10. 1959 in Erlangen.

Im Wintersemester 1959/60 begann ich das Studium der Medizin an der Universität Erlangen-Nürnberg. Hier studierte ich 12 Semester Medizin.

Am 15. Oktober 1964 heiratete ich den Dipl. Chemiker Eckart Kranz.

Im Sommersemester 1965 bewarb ich mich um Zulassung zur Ärztlichen Prüfung an der Medizinischen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg und beendete diese am 30. August 1965

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990
